

## Ketahanan retak korosi-tegang lakur Aluminium kekuatan tinggi



# REKAYASA KOROSI-TEGANG LAKUR ALUMINIUM KEKUATAN TINGGI

## 1. PENDAHULUAN

Perilaku korosi tegang merupakan karakteristik yang dianggap penting untuk mengoptimasikan pemilihan material untuk struktur rekayasa. Namun demikian biasanya tidak ada skala yang dapat dipakai untuk mengukur hal tersebut, dan kecenderungan korosi-tegang sukar untuk ditentukan karena ketergantungan yang kompleks terhadap material, tegangan tarik, lingkungan, dan waktu. Tipe data korosi tegang skala laboratorium yang bergantung pada pengujian konvensional pemakaiannya sangat terbatas dalam model matematik yang digunakan untuk pemilihan material.

Standar ini dimaksudkan untuk memberikan klasifikasi mutu pada ketahanan relatif retak korosi-tegang lakur aluminium kekuatan tinggi untuk membantu pemilihan material. Klasifikasi ini berdasarkan pada kombinasi pengalaman lapangan dan pengujian korosi skala laboratorium yang dapat diterima secara luas. Walaupun demikian perlu diperhatikan klasifikasi yang dirampatkan seperti tersebut di atas dapat menjadi sangat sederhana dengan memperhatikan perilaku lakur dalam lingkungan yang tidak biasa. Lebih lanjut, prediksi unjuk kerja lapangan dari suatu material dalam situasi yang spesifik di luar ruang lingkup standar ini.



2.1 Standar ini berisi penilaian secara abjad dari ketahanan relatif terhadap retak korosi-tegang untuk bermacam-macam bentuk produk lakur aluminium seri 2XXX, 6XXX, dan 7XXX yang telah mengalami perlakuan panas dan prosedur untuk menentukan penilaian.

2.2 Penilaian tidak digunakan terhadap logam yang struktur metalurginya telah mengalami perubahan akibat proses pengelasan, pembentukan atau fabrikasi lainnya.

### **3. ISTILAH**

3.1 Retak korosi-tegang adalah suatu proses pembentukan retakan yang memerlukan aksi serentak dari media korosif dan tegangan tarik secara terus menerus. Retak korosi-tegang pada produk lakur aluminium secara historis telah diketahui mengikuti batas butir sampai terjadi patah. Jadi benda uji yang telah patah yang hanya menampakkan korosi sumuran atau sumuran yang diikuti retakan transgranular harus tidak dianggap sebagai kerusakan retak korosi-tegang.

3.2 Lot adalah sejumlah material yang dapat diidentifikasi dari bentuk canaian, lakur, temper, dan ketebalan yang sama, dapat ditelusuri untuk perlakuan panasnya serta yang telah mengalami inspeksi dalam suatu waktu.

### **4. KEBERMAKNAAN DAN PENGGUNAAN.**

4.1 Klasifikasi ini meliputi penilaian secara abjad yang hanya untuk memberikan petunjuk pemilihan material secara. Meskipun penilaian pada awalnya berdasarkan pada hasil uji korosi standar, faktor pengalaman dapat disubstitusikan untuk material yang telah mempunyai data operasional yang baik.



permasalahan umum yang ditemui dilapangan dapat dilihat pada tabel-1. Pengalaman praktis menunjukkan bahwa retak korosi-tegang lakur aluminium biasanya melibatkan situasi yang arah dan besar tegangan tarik akibat dari proses manufaktur atau penggunaan material atau keduanya yang tidak bisa ditentukan.

4.3 Daftar penilaian retak korosi-tegang produk komersial lakur aluminium kekuatan tinggi dapat dilihat pada tabel 2. Perbaikan terhadap tabel tersebut akan diperlukan jika ditemukan material baru dan ditemukan kondisi operasi yang lain.

4.4 Penilaian berdasarkan abjad ini tidak cocok untuk digunakan langsung dalam model matematik untuk pemilihan material, tetapi bobot menurut angka dan faktor kepercayaan dapat diperoleh dari pengalaman dan pendapat ahli material.

## **5. DASAR KLASIFIKASI**

5.1 Penilaian korosi tegang untuk material baru atau material tambahan harus didasarkan pada kondisi operasi yang dialami, jika tersedia, atau pada hasil pengujian laboratorium terhadap benda uji standar untuk kerentanan pada tingkat tegangan yang ditentukan. Pengujian celup berkala dalam larutan 3.5% NaCl telah dipilih untuk pengujian skala laboratorium karena telah banyak digunakan untuk lakur aluminium dan mampu mendeteksi material yang mudah terserang retak korosi-tegang di lingkungan alami.

5.2 Tipe pengujian lain yang menggunakan benda uji dengan retakan awal atau dengan pembebanan dinamis telah menjanjikan metode alternatif atau metode pelengkap, tetapi sekarang memerlukan pemahaman yang lebih baik dan standardisasi.



6.1 Untuk menilai material baru dan arah pengujian, pengujian korosi tegang harus dilakukan paling sedikit sepuluh lot secara acak. Penilaian paling tinggi harus diberikan terhadap hasil uji yang menunjukkan 90 % kesesuaian dengan tingkat kepercayaan 95 % , jika diuji pada tegangan sebagai berikut .

A - Sama atau lebih besar dari 75 % kuat luluh minimum yang ditentukan.

B - Sama atau lebih besar dari 50 % kuat luluh minimum yang ditentukan.

C - Sama atau lebih besar dari 25 % kuat luluh minimum yang ditentukan atau 100MPa , dipilih yang lebih tinggi dipakai.

D - Gagal memenuhi kriteria penilaian C.

6.2 Benda uji harus dipajan dengan celup berkala dalam larutan 3.5% Natrium Klorida (NaCl) sesuai dengan standar uji.

6.3 Lama pajanan haruslah dipilih menurut tipe lakur dan arah uji sebagai berikut :

TIPE LAKUR	Arah Uji	
	ST	L dan LT
2XXX	10 hari	40 hari
6XXX	90 hari	90 hari
7XXX	20 hari	40 hari

Dalam setiap hal periode pajanan ini dianggap cukup lama untuk dapat mendeteksi kerentanan terhadap retak korosi-tegang "intergranular" , tetapi cukup singkat untuk menghindari sumuran berlebihan yang dapat menyebabkan kerusakan oleh mekanisme lain.



7.1 Metode pemercontohan dari berbagai bentuk produk pabrik, pemilihan benda uji, dan jumlah minimum pengujian setiap lot harus sesuai dengan standar. Kesesuaian 90% kesesuaian dengan tingkat kepercayaan 95 % seperti dijelaskan pada butir 6.1 akan terpenuhi jika 30 benda uji (masing-masing 3 dari 10 lot) diuji dan semua lulus uji.

7.2 Jika 1 dari 30 benda uji gagal, diperlukan pengujian 18 benda uji tambahan, yang semuanya harus lulus, untuk mencapai kesesuaian 90% (yaitu, 47 lulus dari 48 total pengujian). Jika 2 dari 30 benda uji gagal, diperlukan pengujian 33 benda uji tambahan yang semuanya harus lulus (yaitu 61 lulus dari 63 total pengujian). Jika 3 gagal, diperlukan pengujian 48 benda uji tambahan yang semuanya harus lulus (yaitu, 75 lulus dari 78 total pengujian) dan seterusnya. (Perhitungan ini berdasarkan pada distribusi binomial eksak untuk suatu proporsi.)

7.2.1 Benda uji tambahan harus dipilih dari lot lain yang tidak gagal atau dari lot tambahan (3 benda uji / lot)

7.3 Hasil dari semua pengujian harus dilaporkan.

Catatan :

Jumlah pengujian yang ditetapkan pada butir 7.1 dan butir 7.2 dipilih sebagai dasar untuk mengklasifikasikan material yang berbeda. Namun demikian, jumlah tersebut tidak cukup menjamin bahwa setiap lot produksi suatu material akan mempunyai kemampuan tertentu. Untuk ketahanan terhadap retak korosi-tegang. Atau tidak dianggap tepat untuk uji prediksi material yang dapat diterima. Demikian pula tidak harus ditafsirkan sebagai uji penerimaan yang memadai terhadap material produksi.



**TABEL 1**  
**Interpretasi praktis penilaian ketahanan retak korosi-tegang**

KELAS	PENGERTIAN
<b>A</b>	<p><b>Sangat Tinggi</b></p> <p>Tidak ada catatan dalam permasalahan operasi dan retak korosi-tegang tidak diantisipasi dalam penggunaan secara umum.</p>
<b>B</b>	<p><b>Tinggi</b></p> <p>Tidak ada catatan dalam permasalahan operasi dan retak korosi-tegang diantisipasi pada nilai tegangan yang disebabkan oleh perlakuan panas pelarutan.</p> <p>Tindakan pencegahan harus dilakukan untuk menghindari tegangan tarik tinggi yang terus menerus melebihi 50% kuat luluh tertentu minimum, yang dihasilkan dari kombinasi beberapa sumber meliputi perlakuan panas, pengencangan, pembentukan, "fit-up" dan beban operasional yang terus menerus.</p>
<b>C</b>	<p><b>Menengah</b></p> <p>Retak korosi-tegang tidak diantisipasi jika total tegangan tarik yang terus menerus kurang dari 25 % kuat luluh tertentu minimum. Penilaian ini ditujukan untuk arah <i>ST</i> pada produk yang telah diperbaiki, yang digunakan terutama untuk ketahanan tinggi terhadap korosi peranggasan (exfoliation) dalam struktur relatif tipis yang tidak mempunyai tegangan arah <i>ST</i>.</p>
<b>D</b>	<p><b>Rendah</b></p> <p>Kerusakan retak korosi-tegang telah terjadi dalam pengoperasian atau akan diantisipasi jika terjadi tegangan tarik yang terus menerus dalam arah uji yang ditetapkan.</p> <p>Nilai ini ditujukan hanya untuk arah <i>ST</i> pada material tertentu.</p>

# Lakur Aluminium Kekuatan Tinggi

Lakur <sup>a</sup> dan Temper	Arah <sup>b</sup> Uji	Pelat Canai	Batang <sup>c</sup> & Balok	Bentuk Ekstrusi	Tempa
2011-T3,T4	L	e	B	e	e
	LT	e	D	e	e
	ST	e	D	e	e
2011-T8	L	e	A	e	e
	LT	e	A	e	e
	ST	e	A	e	e
2014-T6	L	A	A	A	B
	LT	B <sup>d</sup>	D	B <sup>d</sup>	B <sup>d</sup>
	ST	D	D	A	D
2024-T3,T4	L	A	A	A	e
	LT	B <sup>d</sup>	D	B <sup>d</sup>	e
	ST	D	D	D	e
2024-T6	L	e	A	e	A
	LT	e	B	e	A <sup>d</sup>
	ST	e	B	e	D
2024-T8	L	A	A	A	A
	LT	A	A	A	A
	ST	B	A	B	C
2048-T851	L	A	e	e	e
	LT	A	e	e	e
	ST	B	e	e	e
2124-T851	L	A	e	e	e
	LT	A	e	e	e
	ST	B	e	e	e
2219-T3,T37	L	A	e	A	e
	LT	B	e	B	e
	ST	D	e	D	e
2219-T6	L	A	A	A	A
	LT	A	A	A	A
	ST	A	A	A	A
2219-T8, T87	L	A	e	A	A
	LT	A	e	A	A
	ST	A	e	A	A
6061-T6	L	A	A	A	A
	LT	A	A	A	A
	ST	A	A	A	A
7005-T53, T63	L	e	e	A	A
	LT	e	e	A <sup>d</sup>	A <sup>d</sup>
	ST	e	e	D	D
7039-T63,T64	L	A	e	A	e
	LT	A <sup>d</sup>	e	A <sup>d</sup>	e
	ST	D	e	D	e
7049-T73	L	A	e	A	A
	LT	A	e	A	A
	ST	A	e	B	A



Lakur <sup>a</sup> dan Temper	Arah <sup>b</sup> Uji	Pelat Canai	Batang <sup>c</sup> & Balok	Bentuk Ekstrusi	Tempa
7049-T76	L	e	e	A	e
	LT	e	e	A	e
	ST	e	e	C	e
7149-T73	L	e	e	A	A
	LT	e	e	A	A
	ST	e	e	B	A
7050-T736	L	A	e	A	A
	LT	A	e	A	A
	ST	B	e	B	B
7050-T76	L	A	A	A	e
	LT	A	B	A	e
	ST	C	B	C	e
7075-T6	L	A	A	A	A
	LT	B <sup>d</sup>	D	B <sup>d</sup>	B <sup>d</sup>
	ST	D	D	D	D
7075-T73	L	A	A	A	A
	LT	A	A	A	A
	ST	A	A	A	A
7075-T736	L	e	e	e	A
	LT	e	e	e	A
	ST	e	e	e	B
7075-T76	L	A	e	A	e
	LT	A	e	A	e
	ST	C	e	C	e
7175-T736	L	e	e	e	A
	LT	e	e	e	A
	ST	e	e	e	B
7475-T6	L	A	e	e	e
	LT	B <sup>d</sup>	e	e	e
	ST	D	e	e	e
7475-T73	L	A	e	e	e
	LT	A	e	e	e
	ST	A	e	e	e
7475-T76	L	A	e	e	e
	LT	A	e	e	e
	ST	C	e	e	e
7178-T6	L	A	e	A	e
	LT	B <sup>d</sup>	e	B <sup>d</sup>	e
	ST	D	e	D	e
7178-T76	L	A	e	A	e
	LT	A	e	A	e
	ST	C	e	C	e
7079-T6	L	A	e	A	A
	LT	B <sup>d</sup>	e	B <sup>d</sup>	B <sup>d</sup>
	ST	D	e	D	D



- a Kelas ini berlaku untuk produk canaian standar yang mengalami penemperan seperti ditunjukkan dan termasuk temper untuk menghilangkan tegangan sisa dan dalam beberapa kasus yang menggunakan perlakuan panas nonstandar atau deformasi mekanis pada temperatur ruang tidak berlakukan oleh pemakai.
- b Arah uji mengacu pada orientasi arah tegangan relatif terhadap arah deformasi butiran material tempa yang khas terjadi pada pembentukan logam. Dalam hal produk ekstrusi dan tempa, arah deformasi butir sulit diperkirakan dari penampang melintang geometris produk.
- L Longitudinal  
Sejajar terhadap arah deformasi utama logam selama pembuatan produk.
- LT *Long Transverse*  
Tegak lurus terhadap arah deformasi utama logam. Pada produk yang arah struktur butirannya dapat terlihat dengan jelas (nisbah lebar terhadap tebal lebih besar dari dua) maka LT tersebut tegak lurus terhadap arah yang sejajar dengan dimensi terbesar butiran.
- ST *Short Transverse*  
Tegak lurus terhadap arah deformasi logam yang utama dan sejajar terhadap dimensi terkecil buti dengan arah butir yang berarti.
- c Penampang dengan nisbah lebar terhadap tebal sama atau lebih kecil dari dua tanpa adanya perbedaan LT dan ST.
- d Untuk penampang yang lebih tebal ; ekstrusi 25 mm dan lebih ; pelat dan produk tempa 40 mm dan lebih ; kelasnya satu tingkat lebih rendah.
- e Pengkelasan tidak ditetapkan karena produk tersebut tidak ditawarkan secara komersial.





**BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN**  
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4  
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270  
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : [bsn@bsn.go.id](mailto:bsn@bsn.go.id)